

Studi Laju Erosi dan Pengendapan Akibat Fluida Campuran antara *Fly Ash* dan Udara terhadap Elbow

Bagas Harits W.^{1*}, Priyo Agus², Nopem Ariwiyono³

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia¹

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-III Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: bagasharits@gmail.com¹

Abstract - PT. Paiton Operation and Maintenance Indonesia (POMI) is a company engaged in the field of steam power plants using turbo generators fueled to produce steam with a maximum capacity of 2 x 615 NMW (net) or 2 x 650 GMW (gross). Each unit at the PLTU has an ESP and surge bin economizer which functions as a fly ash handling system. The remaining coal combustion in an imperfect boiler will be accommodated in a surge bin economizer located below the economizer. Fly ash will then flow to the fly ash silo using the pneumatic conveying method that uses air from the conveying air tank with a pressure capacity of 7 bar (g) and a temperature of 43 °C. In 2017, elbows in the fly ash transport system on the G101 - 58 - CAH - FA - 0004 line have leaked. The incident caused a loss that requires the factory to pause due to the mixture of fluid flow that flows in the system in the form of air and coal combustion (fly ash). Therefore, a fluid flow analysis is needed that can cause leakage in the elbow and elbow life time calculations using manual calculations and ANSYS software. 19.2. The first thing is to do a pressure drop calculation and the simulation uses ANSYS to show particle buildup and it is found that particle accumulation does not occur at speeds of 45 ms⁻¹ and 50 ms⁻¹. Next is the erosion rate calculation and ANSYS modeling to determine the mass loss used to calculate the elbow life time. At a speed of 45 ms⁻¹ the elbow life time value is 7.02 years and at a speed of 50 ms⁻¹ the elbow life time value is 5.3 years.

Keyword: Erosion Rate, Particle Buildup, Fly Ash, Elbow

Nomenclature

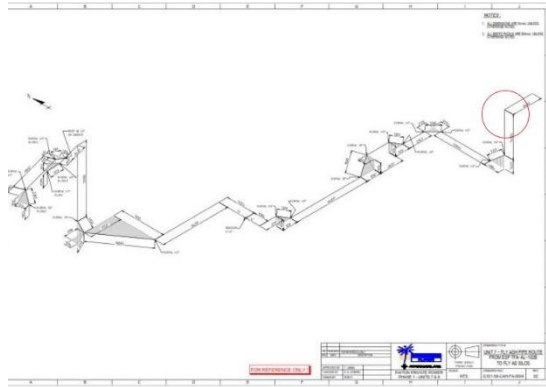
V	= Kecepatan Fluida (m/s)
Q	= Debit Fluida (m ³ /s)
A	= Luas Penampang (m ²)
\dot{E}_L	= Erosion Rate (mm/year)
\dot{m}_p	= Mass Flow of Particle (kg/s)
K	= Material Constant [(m/s) ⁻ⁿ]
U_p	= Particle Impact Velocity (m/s)
F(α)	= function characterising ductility of the material
ρ_t	= density of target material (kg/m ³)
A_t	= area exposed to erosion (m ²)
ΔP_{bo}	= kehilangan tekanan pada belokan pipa elbow (Pa)
\dot{m}	= mass flow rate
Fr	= Froude number
\dot{m}_s	= mass flow rate solid (kg/s)
\dot{m}_t	= mass flow rate air (kg/s)
λ_f	= faktor gesekan pada udara
λ_s	= faktor gesekan pada partikel
v	= kecepatan udara (m/s)
g	= gravitasi (m ² /s)
D	= diameter (m)
ρ_o	= density air (kg/m ³)
Θ_o	= velocity air (m/s)
Rb	= radius bend (m)
Re	= reynold number

1. Pendahuluan

PT. Paiton Operation and Maintenance Indonesia (POMI) merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang pembangkit listrik tenaga uap. PLTU Paiton Unit 7 dan 8 menggunakan turbo generator berbahan bakar batu bara untuk menghasilkan uap dengan kapasitas maksimum 2 x 615 NMW (net) atau 2 x 650 GMW (gross). Kedua unit tersebut beroperasi dengan kemampuan rata-rata 85 % per tahun dengan produksi listrik rata-rata 9,158,580 MWH per tahun. Batu bara yang digunakan untuk proses pembakaran didatangkan dari Kalimantan Timur menggunakan kapal tongkang. Pada setiap unit di PLTU memiliki ESP dan surge bin economizer yang berfungsi sebagai sistem penanganan fly ash. Sisa pembakaran batu bara di dalam boiler yang tidak sempurna akan ditampung di dalam surge bin economizer yang terletak di bawah economizer. Fly ash kemudian akan dialirkan menuju fly ash silo dengan metode pneumatic conveying yang menggunakan udara dari conveying air tank dengan kapasitas tekanan 7 bar(g) dan temperatur 43 °C. Fly ash yang berada di fly ash silo akan dikirim menuju Semen Gresik menggunakan kendaraan pengangkut (truk) untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan semen.

Pada tahun 2017, elbow yang berada di sistem pengangkut fly ash pada line number G101 – 58 –

CAH – FA – 0004 mengalami kebocoran. Kejadian tersebut menyebabkan kerugian yang mengharuskan pabrik untuk berhenti sementara karena aliran fluida campuran yang mengalir pada sistem tersebut berupa udara dan hasil pembakaran batu bara (*fly ash*). *Fly ash* yang terbebas di lingkungan dapat menyebabkan gangguan pernafasan pada area PLTU karena kandungan dalam *fly ash* terdiri dari silica (SiO_2), fero oksida (Fe_2O_3), dan kalsium oksida (CaO).

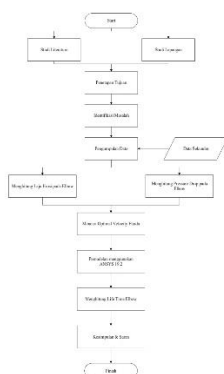


Gambar 1.1 Isometric Fly Ash System

Kebocoran elbow pada line number G101 – 58 – CAH – FA – 0004 disebabkan oleh erosi. Fluida campuran antara udara dan *fly ash* mengikis bagian dalam elbow. Semakin tinggi kecepatan fluida maka semakin tinggi laju erosi yang terjadi. Akan tetapi, semakin rendah kecepatan maka potensi pengendapan *fly ash* semakin besar. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan analisa kecepatan aliran fluida campuran antara udara dan *fly ash* yang mengalir pada elbow terhadap nilai laju erosi dan *pressure drop*. Pada penelitian ini juga menganalisa *life time* elbow untuk memprediksi jangka waktu perbaikan atau penggantian elbow.

2. Metodologi

2.1 Diagram Alir



Gambar 2.1 Diagram Alir

2.2 Erosion Rate

Perhitungan *erosion rate* digunakan untuk menentukan besar pengikisan dinding bagian dalam mengacu pada DNV RP O501 2015, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\dot{E}_L = \frac{\dot{m}_p \cdot K \cdot U_p^n \cdot F(\alpha)}{\rho_t \cdot A_t}$$

Dimana:

- \dot{E}_L = *erosion Rate* (mm/year)
- \dot{m}_p = *mass flow of particle* (kg/s)
- K = *material constant* [(m/s)⁻ⁿ]
- U_p = *particle impact velocity* (m/s)
- F(α) = *function characterising ductility of the material*
- ρ_t = *density of target material* (kg/m³)
- A_t = *area exposed to erosion* (m²)

2.3 Thickness Minimum

Berdasarkan ASME B31.3, perhitungan ketebalan dilakukan untuk mengetahui besaran ketebalan minimal komponen yang diijinkan untuk kondisi operasi dan kondisi kerja dari sistem perpipaan dengan persamaan berikut:

$$t_m = \frac{P \cdot D}{2 (SE + PY)}$$

Dimana:

- t_m = *minimum required thickness* (mm)
- P = *design pressure* (kg/cm²)
- D = *outside diameter* (mm)
- S = *stress value of material* dari tabel A-1 ASME B31.3 (kg/cm²)
- E = *quality factor* dari tabel A-1A atau A-1B ASME B31.3
- Y = koefisien dari tabel 304.1.1 ASME B31.3

2.4 Life Time

Untuk menghitung *life time* yang dipengaruhi oleh erosi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dari API 570 sebagai berikut:

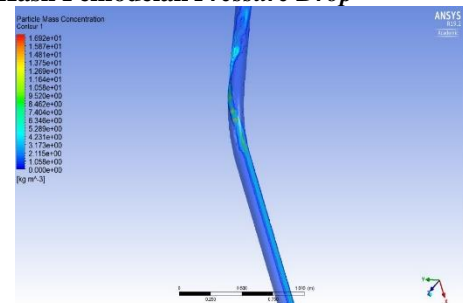
$$Tr = (t_{act} - t_m) / \dot{E}_L$$

Dimana:

- Tr = *remant life time* (tahun)
- t_{act} = *thickness actual* (mm)
- t_m = *thickness minimum* (mm)
- \dot{E}_L = *erosion Rate* (mm/year)

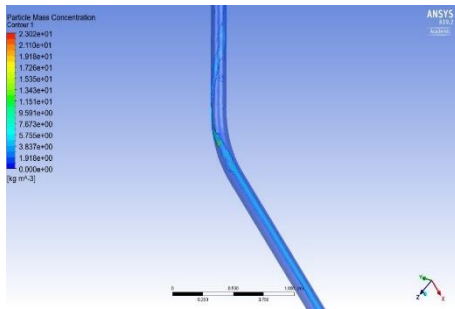
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pemodelan Pressure Drop



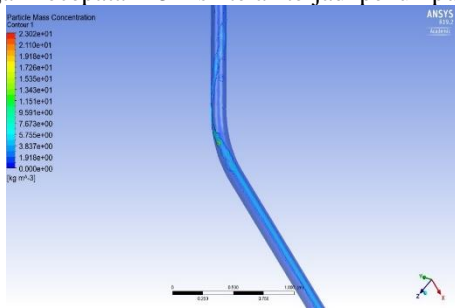
Gambar 3.1 Hasil Pemodelan dengan Kecepatan 20 ms⁻¹

Berdasarkan hasil pemodelan pada Ansys R19.2 yang ditunjukkan gambar 3.1, menunjukkan bahwa dengan kecepatan 20 ms⁻¹ telah terjadi penumpukan.



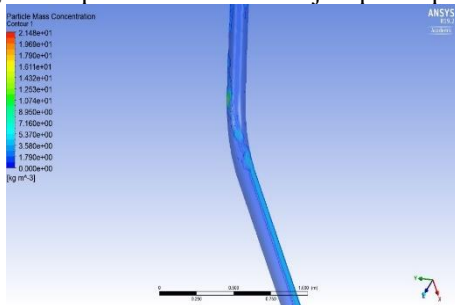
Gambar 3.2 Hasil Pemodelan dengan Kecepatan 25 ms⁻¹

Berdasarkan hasil pemodelan pada Ansys R19.2 yang ditunjukkan gambar 3.2, menunjukkan bahwa dengan kecepatan 25 ms⁻¹ telah terjadi penumpukan.



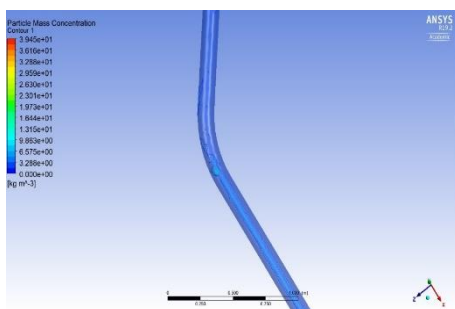
Gambar 3.3 Hasil Pemodelan dengan Kecepatan 30 ms⁻¹

Berdasarkan hasil pemodelan pada Ansys R19.2 yang ditunjukkan gambar 3.3, menunjukkan bahwa dengan kecepatan 30 ms⁻¹ telah terjadi penumpukan.



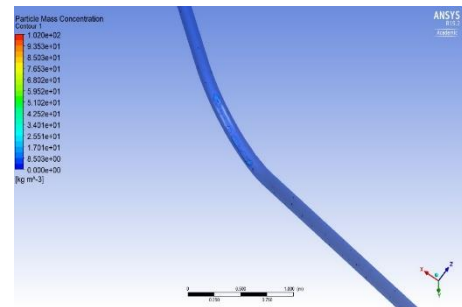
Gambar 3.4 Hasil Pemodelan dengan Kecepatan 35 ms⁻¹

Berdasarkan hasil pemodelan pada Ansys R19.2 yang ditunjukkan gambar 3.4, menunjukkan bahwa dengan kecepatan 35 ms⁻¹ telah terjadi penumpukan.



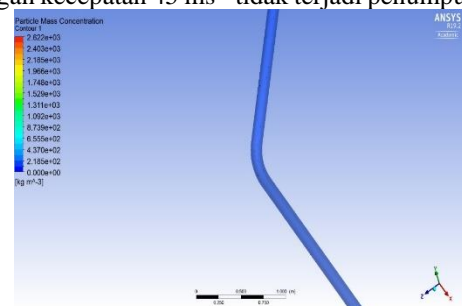
Gambar 3.5 Hasil Pemodelan dengan Kecepatan 40 ms⁻¹

Berdasarkan hasil pemodelan pada Ansys R19.2 yang ditunjukkan gambar 3.5, menunjukkan bahwa dengan kecepatan 40 ms⁻¹ telah terjadi penumpukan.



Gambar 3.6 Hasil Pemodelan dengan Kecepatan 45 ms⁻¹

Berdasarkan hasil pemodelan pada Ansys R19.2 yang ditunjukkan gambar 3.6, menunjukkan bahwa dengan kecepatan 45 ms⁻¹ tidak terjadi penumpukan.



Gambar 3.7 Hasil Pemodelan dengan Kecepatan 50 ms⁻¹

Berdasarkan hasil pemodelan pada Ansys R19.2 yang ditunjukkan gambar 3.7, menunjukkan bahwa dengan kecepatan 50 ms⁻¹ tidak terjadi penumpukan.

3.2 Hasil Perhitungan Laju Erosi

Dari hasil perhitungan laju erosi berdasarkan kecepatan yang tidak mengalami pengendapan didapatkan nilai laju erosi pada kecepatan 45 ms⁻¹ sebesar 0,284 mm/year dan pada kecepatan 50 ms⁻¹ sebesar 0,371 mm/year.

3.3 Hasil Perhitungan Life Time

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai *life time* elbow pada kecepatan 45 ms⁻¹ sebesar 7,02 tahun dan pada kecepatan 50 ms⁻¹ sebesar 5,3 tahun

4. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *pressure drop* yang didapatkan dengan kecepatan 20 ms⁻¹ sebesar 110,026 kPa, kecepatan 25 ms⁻¹ sebesar 150,204 kPa, kecepatan 30 ms⁻¹ sebesar 201,706 kPa, kecepatan 35 ms⁻¹ sebesar 264,541 kPa, kecepatan 40 ms⁻¹ sebesar 339,799 kPa, kecepatan 45 ms⁻¹ sebesar 427,981, dan kecepatan 50 ms⁻¹ sebesar 528,95 kPa sehingga semakin besar kecepatan maka semakin besar pula nilai *pressure drop*.

2. Berdasarkan hasil pemodelan *pressure drop* pada *line* G101 – 58 – CAH – FA – 0004, pada kecepatan 20 ms^{-1} , 25 ms^{-1} , 30 ms^{-1} , 35 ms^{-1} , 40 ms^{-1} terjadi penumpukan partikel.
3. Nilai kecepatan fluida yang tidak terjadi penumpukan pada *line* G101 – 58 – CAH – FA – 0004 sebesar 45 ms^{-1} dan 50 ms^{-1} .
4. Nilai laju erosi pada elbow dengan kecepatan 45 ms^{-1} sebesar $0,284 \text{ mm/year}$ dan dengan kecepatan 50 ms^{-1} sebesar $0,371 \text{ mm/year}$.
5. Berdasarkan hasil pemodelan laju erosi pada elbow didapatkan nilai laju massa yang hilang dengan kecepatan 45 ms^{-1} sebesar $5,342 \times 10^{-8} \text{ kg/m}^2\text{s}$ dan dengan kecepatan 50 ms^{-1} sebesar $6,814 \times 10^{-8} \text{ kg/m}^2\text{s}$.
6. Nilai *lifetime* elbow dengan kecepatan 45 ms^{-1} sebesar 7,02 tahun dan dengan kecepatan 50 ms^{-1} sebesar 5,3 tahun.

5. Saran

Pada penelitian ini masih terdapat beberapa hal yang belum dilakukan sehingga memungkinkan untuk menambahkan hasil penelitian yang lebih sempurna. Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini hanya menggunakan variabel kecepatan, untuk penelitian selanjutnya bisa dimasukkan variabel-variabel lainnya seperti ukuran partikel dan tekanan.
2. Pada pemodelan ini hanya dilakukan langsung secara menyeluruh, untuk penelitian selanjutnya bisa dimodelkan setiap segmen.

6. Daftar Pustaka

- [1] API 570. 2000. Piping Inspection Code: In Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems. Washington DC: American Petroleum Institute.
- [2] ASME B31.3. 2009. Process Piping. New York: American Society of Mechanical Engineers.
- [3] Aulia, Lira. Dkk. 2011. Tugas Mekanika Fluida dan Partikel. Pekanbaru: Universitas Riau.
- [4] Det Norske Veritas (DNV). 2011. Recommended Practice RP O501 Erosive wear In Piping System. Oslo: Amoco Norway Oil Company.
- [5] Pradipta, Samuel Wahyu. 2017. Pressure Drop dengan Coal Ash dari Surge Bin menuju Fly Ash Silo Di PT. Ipmomi Unit 7. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [6] Rossetti, S.J. 1983. Concept and Criteria for Gas - Solid Flow. Ann Arbor: Ann Arbor Science Publisher.
- [7] Satriawan, M. R. Angga dan Edi Haryono. 2016. Jalur Pipa dari Inlet Separator menuju Slug. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.